Constituants et caractéristiques de la matière

I- Constituants

La spéculation sur le monde physique développée par les philosophes grecs (Leucippe et Démocrite) au IVème siècle av. J.-C. conduisit à la première formulation systématique d'une théorie atomistique de la matière, théorie selon laquelle la matière est composée de 00minuscules particules indivisibles, appelées atomes, qui ne diffèrent que par des propriétés physiques simples telles que la grandeur, la forme et le poids. Selon Démocrite la conception de la nature était entièrement matérialiste, expliquant tous les phénomènes naturels en termes de nombre, de forme et de grandeur des atomes. Il réduisait ainsi les qualités sensibles des choses telles que la chaleur, le froid, le goût et l'odeur à des différences quantitatives entre atomes. Les formes supérieures de l'existence, comme les plantes et les animaux, la vie et même la pensée humaine, furent expliquées par Démocrite dans des termes purement physiques.

La théorie microscopique de la matière a, non seulement, confirmé cette spéculation mais elle a également mis en évidence l'existence de nouvelles particules, électriquement chargées, à l'intérieur de l'atome. Ces particules sont l'électron de charge négative et le noyau de charge positive.

I-1- L'électron

L'existence de l'électron dans la matière a été mise en évidence par les expériences de décharge dans les gaz (expériences des rayons cathodiques). Le tube cathodique est constitué d'une ampoule de verre, renfermant un gaz dont on peut progressivement réduire la pression (fig.1).

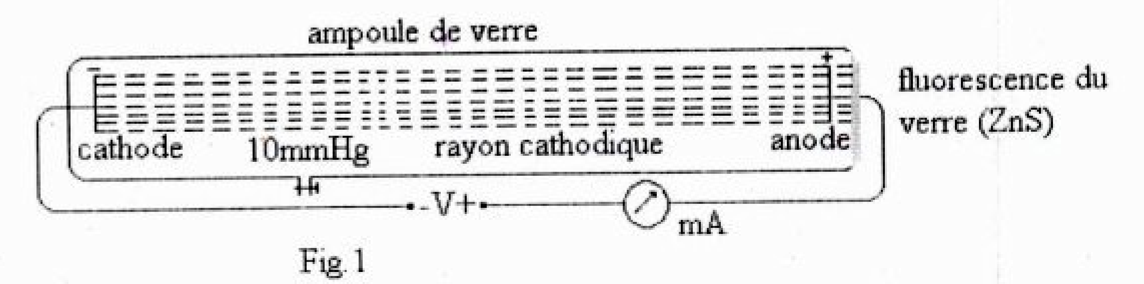


Fig.1

- Quand la pression à l'intérieur de l'ampoule est élevée, on n'observe rien. Le gaz ne conduit pas l'électricité.
- Lorsqu'on réduit la pression du gaz, on remarque le passage du courant et l'émission de la lumière (utilisé en éclairage, tube à néon).
- Aux très faibles pression (de l'ordre de 10mmHg) l'émission da la lumière cesse, mais il y a toujours le passage du courant électrique. Ceci est dû à un rayonnement (flux de



particules) se propageant de la cathode vers l'anode, d'où le nom de rayon cathodique. Ce dernier est visualisé sur l'écran luminescent, dont le fond est couvert d'une couche de sulfure de zinc. L'écran devient fluorescent à cause de l'impact sur ce dernier de particules formant le rayon cathodique.

L'expérience de Crookes démontre que ce rayon se propage en ligne droite et que l'application d'un champ électrique dévie sa trajectoire dans le sens inverse de la direction du champ. Le rayon cathodique est formé de particules chargées négativement appelées électrons.

Les expériences de Thompson et Milliken permettent de déterminer les caractéristiques de l'électron : la masse est de $0{,}911.10^{-30}$Kg et la charge est de $-1{,}602.10^{-19}$Coulomb.

En conclusion, l'électron qui est un constituant universel de la matière est la particule portant la charge la plus petite possible, dite charge élémentaire.

I-2- Le noyau

La découverte que l'atome contient des particules de charge négative de très petite masse (1836 fois plus faible que celle du plus léger des atomes, l'hydrogène) conduisit à la recherche d'une autre particule à l'intérieur même de l'atome, qui doit compenser la charge de l'électron et porter la masse de l'atome, car ce dernier est électriquement neutre. Cette nouvelle particule a été mise en évidence par Rutherford en bombardant une très mince feuille d'or par un faisceau de particules α (He^{2+} émises par certains éléments radioactifs) ; (Fig.2).

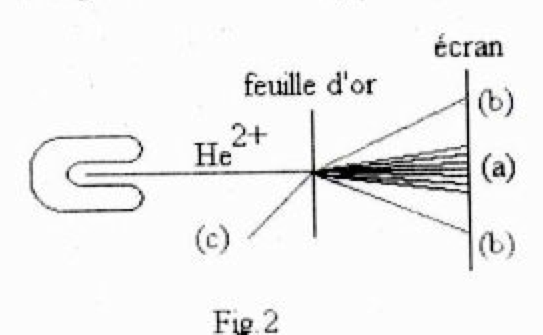
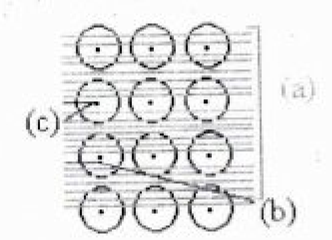


Fig.2

Rutherford observa que la plupart des particules α traversent la feuille d'or sans être déviées (a). D'autres particules, de très petit nombre, sont soit fortement déviées en la traversant (b), soit renvoyées en arrière (c). Ce résultat peut être interprété par la Fig.3.





- les particules, de charge positive, déviées (b) ou rétrodifusées (c) montre que l'atome est formé d'une autre entité chargée positivement : le noyau.
- les particules non déviées (a) indiquent par leur nombre qu'un grand volume de l'atome est vide.

En conclusion, la masse de l'atome est concentrée dans son noyau, de très petite dimension et de charge positive. Le noyau est constitué à son tour de deux types de particules, en nombre variable, les protons et les neutrons. Ce sont les nucléons.

- Le proton de charge positive = $1,602.10^{-19}$C et de masse = $1,6724.10^{-27}$Kg.
- Le neutron de charge neutre et de masse = $1,6749.10^{-27}$Kg.

II- Caractéristiques de l'atome

Un élément chimique, représenté par ${}_{Z}^{A}X$, est défini par son symbole chimique X et son numéro atomique Z.

Z est un paramètre très important de l'atome, il caractérise l'atome et ses propriétés chimiques. C'est le nombre de protons et également celui des électrons. Le numéro atomique Z a été déterminé par Moseley en mesurant la fréquence ν des raies de rayons X émises par un métal bombardé par des électrons de haute énergie. Z est lié à la fréquence ν par la relation $(\nu)^{1/2}=aZ+b$, avec a et b des constantes.

Le nombre de masse A=Z+N, avec N le nombre de neutrons. Deux ou plusieurs atomes ayant le même Z appartiennent au même élément chimique même s'ils diffèrent par leurs nombre N ou A : ces atomes constituent les isotopes du même élément chimique. Par exemple, ^{12}C et ^{14}C du carbone (Z=6).

L'abondance relative d'un isotope d'un élément est la proportion dans laquelle se trouve cet isotope dans la nature : $M=\Sigma_i a_i M_i$, avec M la masse de l'élément donné, M_i la masse de l'isotope i de cet élément et a_i l'abondance relative de i. Par exemple : l'élément Cu contient 69,12% en masse de ^{63}Cu et 30,88% de ^{65}Cu.

Le nuage électronique est l'ensemble des électrons en mouvement autour du noyau.

Notion d'ion : l'arrachement d'un ou de plusieurs électrons d'un atome donne un ion positif ou cation (Na^+, Al^{3+},...). Le gain d'électrons par un atome donne un ion négatif ou anion (F^-, O^{2-},...) : ces ions sont simples alors que ceux formés de plusieurs éléments sont dits complexes (NH_4^+, SO_4^{2-}, PO_4^{3-},...).

La masse molaire : la masse d'un atome est de l'ordre de 10^{-24}g (très petite). Au laboratoire, on utilise des quantités supérieures au mg, on a donc intérêt à choisir une échelle macroscopique dite la mole. Une mole est la quantité de matière contenant autant de



- $1\, uma = \frac{M(_6C)}{12 \cdot N_A} = 1,6605 \times 10^{-27}\, kg$

- $1eV = 1,602177 \times 10^{-19}\, J \Rightarrow 1MeV = 1,602177 \times 10^{-13}\, J$

* $E = mc^2 = (1,6605 \times 10^{-27}) \times (3 \times 10^8) = 1492,42 \times 10^{-13}\, J$

$= \frac{1492,42 \times 10^{-13}}{1,602177 \times 10^{-13}} = 931,5\, MeV/c^2$

1ev c'est l'energie aquise par un électron accelerée sous une tension du 1volte



particules qu'il y a d'atomes dans 12 g de ^{12}C : c'est le nombre d'Avogadro $N_{Av} = 6{,}023.\ 10^{23}$ particules/mole.

III- Energie de liaison du noyau

L'unité de masse atomique (uma) est le 1/12 de la masse d'un atome de ^{12}C.

La masse d'un atome de ^{12}C vaut par convention 12 uma et une mole de carbone pèse 12g ; par conséquent : $N_{Av}.12uma=12g \Rightarrow 1uma=(1/12).(1/N_{Av}).12g=(1/N_{Av})g$

$\Rightarrow 1uma=1{,}6603.10^{-24}g$.

Exemple : $m_{proton}= 1{,}6724.10^{-24}g=1{,}0073uma$.

$m_{neutron}= 1{,}6749.10^{-24}g=1{,}0088uma$.

$M_{électron}= 0{,}911.10^{-27}g=0{,}00055uma$.

L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie libérée par la formation d'un noyau à partir de ses constituants. La réaction nucléaire suivante : $Zp+Nn \longrightarrow {}^{Z+N}_{Z}X$ est caractérisée par un défaut de masse donnée par la relation : $\Delta m=(Zm_p+Nm_n)-m_X$; avec m_p, m_n et m_X sont respectivement la masse du proton, du neutron et du noyau X. Cette disparition de matière se traduit par l'énergie de liaison du noyau, ΔE, obtenue par la relation d'Einstein : $\Delta E=\Delta mc^2$, avec $c=3.10^8 m/s$, vitesse de la lumière.

IV- La radioactivité

La radioactivité est la désintégration spontanée de certains noyaux instables en d'autres éléments avec émission des particules subatomiques appelées particules alpha ou particules bêta, et / ou de rayonnements électromagnétiques appelés rayons X et rayons gamma. Tout élément présentant cette propriété est dit élément radioactif ou radioélément.

Parmi les 330 isotopes naturels, seulement 270 sont stables. Les autres se désintègrent spontanément : c'est la radioactivité naturelle. On montre que si un isotope obéit à l'inégalité $(A-Z)/Z\geq 1{,}5$, alors celui-ci peut manifester une radioactivité naturelle. Le bombardement de noyaux naturels stables par des particules lourdes produit dans certains cas des éléments radioactifs, la désintégration de ces derniers constitue la radioactivité artificielle.

Exemple : ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He(\alpha) \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{17}_{8}O$

${}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$: radioactivité artificielle

Un élément radioactif conserve ses propriétés nucléaires quelques soient ses liaisons interatomiques et ses conditions externes.

La désintégration spontanée d'un noyau se manifeste par l'émission des particules α et β :



- émission de particules α (He^{2+}) : ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He(\alpha)$, avec ${}^{A}_{Z}X$ noyau émetteur et ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ noyau résiduel.
- émission de particules β : ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$(émission d'un électron, β^{-})

  ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e$(émission d'un positron, β^{+})

Ces particules sont souvent accompagnées de rayonnements électromagnétiques, de très haute énergie, appelés rayons X et rayons gamma. Ces rayonnements peuvent être, également, dû à une simple réorganisation interne du noyau sans aucun changement de la nature chimique du noyau, mais correspond plutôt à la perte d'une certaine quantité d'énergie (désexcitation d'un état instable du noyau atomique).

Certaines substances montrent une diminution sensible de la quantité spécifique de désintégrations avec le temps. Par exemple, le thorium-234 perd la moitié de son intensité radioactive initiale en vingt-cinq jours. Chaque substance radioactive a une période de désintégration caractéristique, la période radioactive ou temps de demi-vie T : c'est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initiaux soit désintégrée. Elle varie de quelques fractions de secondes (10^{-6}s) à plusieurs milliards d'années (10^{15} années).

Chaque élément radioactif est doté de sa propre vitesse de désintégration v, donnée à l'instant t par la relation suivante : $v=-dN_t/dt=\lambda N_t$, avec λ la constante radioactive, caractéristique de chaque élément ; N_t le nombre de noyaux radioactifs à l'instant t.

$-dN/dt=\lambda N \Leftrightarrow -dN/N=\lambda dt$

$\Leftrightarrow \int_{N_0}^{N_t} -dN/N=\lambda\int_0^t dt$

$\Leftrightarrow [\ln N]_{N_0}^{N_t}=\lambda[t]_0^t$

$\Leftrightarrow N_t=N_0e^{-\lambda t}$.

A l'instant t=T, $N_t=N_0/2 \Rightarrow N_0/2= N_0e^{-\lambda T}$

$\Rightarrow \ln 2=\lambda T$

$\Rightarrow T=0,693/\lambda$.




ETUSUP.com